



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

### MODELIZACIÓN Y SIMULACIÓN DISCRETA CON LA PLATAFORMA NETLOGO: ¿POR QUÉ CAEN LAS HOJAS EN OTOÑO?

#### Modelización y simulación discreta con la plataforma NetLogo

- Ginovart, Marta

Universitat Politècnica de Catalunya

Departament de Matemàtica Aplicada III

Edifici ESAB-D4, C/ Esteve Terradas 8, 08860-Castelldefels, Barcelona, Spain

[marta.ginovart@upc.edu](mailto:marta.ginovart@upc.edu)

- Catalina, Merche

Col·legi Immaculada Concepció

Plaça Església 1, 08850-Gavà, Barcelona, Spain

[merchecat@gmail.com](mailto:merchecat@gmail.com)

- Blanco, Mònica

Universitat Politècnica de Catalunya

Departament de Matemàtica Aplicada III

Edifici ESAB-D4, C/ Esteve Terradas 8, 08860-Castelldefels, Barcelona, Spain

[monica.blanco@upc.edu](mailto:monica.blanco@upc.edu)

SECRETARIA TÉCNICA

VII CIDUI

ISBN 978-84-695-4073-2



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

- 1. RESUMEN:** Los modelos basados en agentes (ABMs) describen a los individuos o partes que configuran un sistema como entidades autónomas y discretas, y focalizan toda su atención en caracterizar estas partes (agentes) mediante reglas de comportamiento, permitiendo la interacción entre ellas y con el entorno en el que se hallan. Se presenta el material docente diseñado para una actividad a realizar de forma autónoma en aula informática, centrada en el modelo “Autumn” que se encuentra en la plataforma NetLogo (de acceso libre desde la Web). Se analizan los resultados obtenidos con su implementación en los estudios de grado en Ingeniería de Biosistemas de la Universitat Politècnica de Catalunya.
- 2. ABSTRACT:** Agent-based models (ABMs) describe the individuals or parts that make up a system as autonomous and discrete entities, and focus all their attention on the characterization of these parts (agents) by rules of behaviour, allowing the interaction between them and the environment in which they are. This work presents the teaching material designed for an activity centred on the model "Autumn" available at the NetLogo platform (freely accessible from the Web). This activity was performed in computer lab sessions in the degrees of Engineering of Biosystems at the Universitat Politècnica de Catalunya. The results obtained are analysed.
- 3. PALABRAS CLAVE:** Modelo basado en agentes, Simulación, NetLogo  
**KEYWORDS:** Agent-based model, Simulation, NetLogo
- 4. ÁREA DE CONOCIMIENTO:** Más de un área

SECRETARIA TÉCNICA  
VII CIDUI  
ISBN 978-84-695-4073-2



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

5. **ÁMBITO TEMÁTICO DEL CONGRESO:** El aprendizaje autónomo del alumno (o Metodologías activas en nuevos entornos académicos)
6. **MODALIDAD DE PRESENTACIÓN:** Comunicación oral
7. **DESARROLLO**

### 7.1 Objetivos

El principal objetivo de esta contribución es presentar el material docente diseñado para una actividad a realizar en aula informática y que el alumno utiliza de forma autónoma en el contexto de la modelización y simulación discreta de los modelos basados en agentes (ABMs), así como comentar los resultados obtenidos con su implementación en un grupo de alumnos de primer año de los estudios de grado en Ingeniería de Biosistemas de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Específicamente, el proyecto se desarrolla en el entorno del modelo “Autumn” que se encuentra en la plataforma NetLogo, de acceso libre desde la Web. El modelo seleccionado trabaja con contenidos propios del área de matemáticas (variables dependientes e independientes, funciones continuas y discretas, probabilidad, representación gráfica de datos), así como de otras áreas de las ciencias naturales (biología, botánica, climatología, geografía o química). A la vez, permite trabajar con competencias de matemáticas, del tratamiento de la información y de competencia digital, así como con otros tipos de competencias (comunicación lingüística y

SECRETARIA TÉCNICA  
VII CIDUI  
ISBN 978-84-695-4073-2



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

audiovisual, autonomía e iniciativa personal, aprender a aprender, y conocimiento e interacción con el mundo físico).

### 7.2 Descripción del trabajo

#### 7.2.1 Introducción

La modelización científica tiene el propósito de encontrar, interpretar y validar las representaciones aproximadas de los sistemas, que se definen a partir de conjuntos de elementos y conceptos, cuyas características y mecanismos de relación se describen con objetos y operaciones matemáticas. El desarrollo del conocimiento en ciencias y matemáticas implica procesos de modelización donde teoría, experimentación y computación están dinámicamente conectadas.

La llamada modelización basada en agentes (Agent-Based Model, ABM) surgió en la década de los 90 y representó un nuevo enfoque de modelización. Se trata de una modelización discreta, con una filosofía y perspectiva diferente a la de la modelización más clásica y continua utilizada hasta entonces de forma habitual (funciones continuas, ecuaciones diferenciales, modelos probabilísticos, modelos estadísticos,...). Los ABMs son modelos que describen a los agentes (individuos o partes) que configuran un sistema como entidades autónomas y discretas, y focalizan toda su atención en caracterizar estas partes discretas mediante reglas de comportamiento, permitiendo que estas partes interaccionen entre ellas y con el entorno en el que se hallan (Grimm and Railsback, 2005).

SECRETARIA TÉCNICA  
VII CIDUI  
ISBN 978-84-695-4073-2



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

El uso de plataformas preparadas especialmente para la implementación de los ABMs facilita la tarea de programación y ejecución que todo modelo computacional requiere, a la vez que permite la difusión de este tipo de modelo a un público más amplio y heterogéneo (Ginovart et al., 2011, 2012). En particular, recientemente, se han llevado a cabo algunas experiencias docentes interesantes en la universidad, en el contexto de los ABMs y en el ámbito de la biología, utilizando la plataforma NetLogo (Ginovart, 2012).

### 7.2.2 La plataforma NetLogo

La plataforma NetLogo es un entorno que permite la implementación de ABMs y la simulación del comportamiento de sistemas complejos a lo largo del tiempo y en el espacio (<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>). Fue creada por Uri Wilensky en 1999 y está en continuo desarrollo en el Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling de Estados Unidos (<http://ccl.northwestern.edu/>). El programa incluye una galería de modelos con una breve descripción de sus propósitos, que pueden ser ejecutados, y que permiten modificar valores de parámetros implicados en las simulaciones (“NetLogo Models Library”, <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/>). Son modelos disponibles vía web que están destinados a ser ejemplos de buenas prácticas de codificación y documentación. Los modelos que se pueden encontrar en esta galería pertenecen a ámbitos muy diversos: arte, ciencias de la computación, biología, química, física, ciencias del suelo, juegos, matemáticas, ciencias sociales, economía, y psicología social. Por ejemplo, en el ámbito de las matemáticas aparecen modelos relacionados con fractales, probabilidad o sistemas dinámicos.

SECRETARIA TÉCNICA  
VII CIDUI  
ISBN 978-84-695-4073-2



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

Existen dos maneras de interactuar con NetLogo. Se puede descargar e instalar el programa (permite simular y editar modelos, modificar o cambiar partes de un modelo, y crear nuevos modelos), o bien se puede ejecutar un *applet* desde una página web (únicamente admite la ejecución de modelos).

### 7.2.3 Material docente elaborado para la sesión en laboratorio informático: El model “Autumn” de NetLogo

#### Introducción

Con el fin de familiarizarse con la plataforma NetLogo y sus prestaciones, y para tener una visión general de su funcionamiento, lo más conveniente es realizar simulaciones con alguno de los ejemplos de ABMs disponibles en la galería "NetLogo Models Library" (al abrir el programa NetLogo, ir a “File” y escoger “Models Library”). Para este proyecto hemos escogido el modelo “Autumn” (Fig. 1) que se encuentra en la sección de biología de “Models Library” (Wilensky, 2005).

Este modelo fue escogido atendiendo al perfil de los estudiantes de la Escuela Superior de Agricultura de Barcelona de la Universitat Politècnica de Catalunya, donde se imparten cuatro grados en Ingeniería de Biosistemas.

SECRETARIA TÉCNICA  
VII CIDUI  
ISBN 978-84-695-4073-2



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

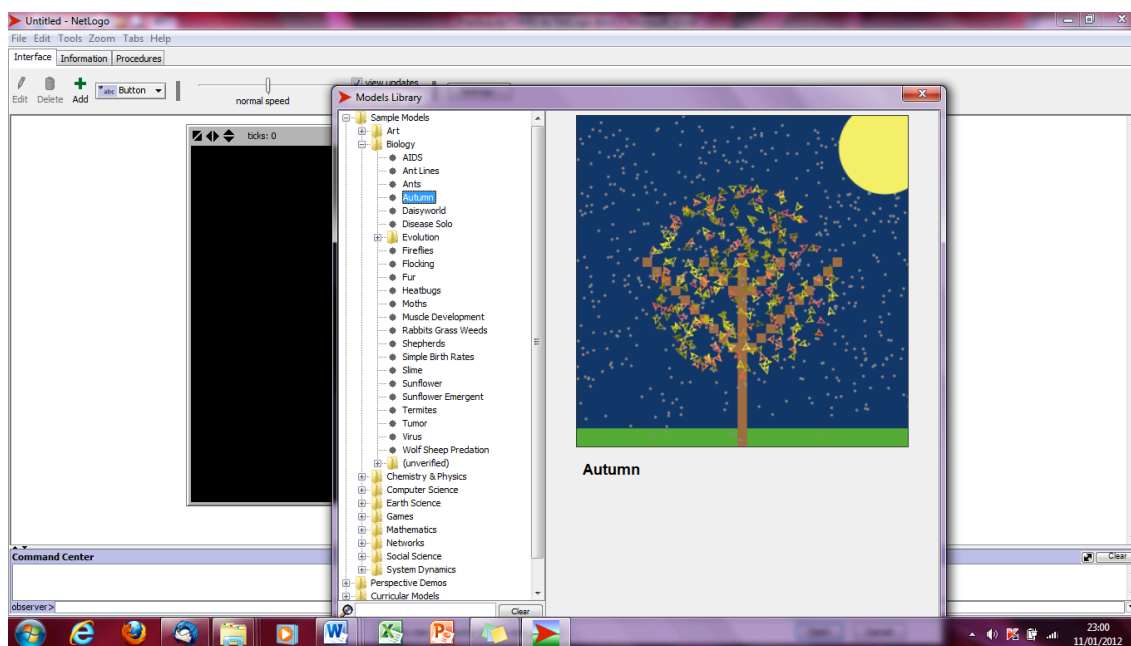


Figura 1. Modelo “Autmn” de NetLogo

Al abrir cualquier modelo de la plataforma NetLogo encontramos las diferentes Pantallas/Ventanas del programa: “Interface”, “Information” y “Procedures” que permiten conocer e interactuar con el simulador (Ginovart et al. 2011).

Las principales partes de la ventana “Interface” se muestran en la Fig. 2:

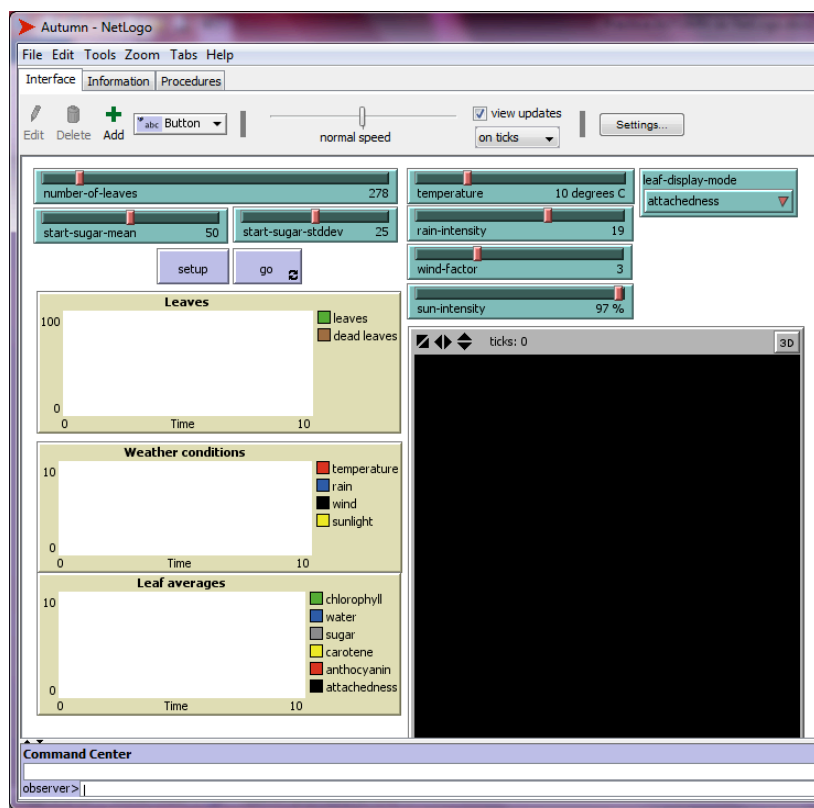
- Barra de control de la velocidad de simulación.
- Botón “setup”: se utiliza para iniciar o reiniciar el modelo
- Botón “go”: comienza la simulación.

SECRETARIA TÈCNICA  
VII CIDUI  
ISBN 978-84-695-4073-2



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

- “Sliders”: permite crear rangos de valores para los parámetros o variables del modelo.
- “Switch”: activar/desactivar una acción.
- “Chooser”: permite escoger un dato o variable a controlar.
- “Plot”: crea gráficos con diferentes variables a lo largo del tiempo de la simulación.



SECRETARIA TÉCNICA  
VII CIDUI  
ISBN 978-84-695-4073-2





## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

Figura 2: Ventana “Interface” del modelo NetLogo

La ventana “Information” (Fig. 3) contiene toda la documentación e información del modelo, y se estructura en diferentes apartados: ¿Qué es?, ¿Cómo funciona?, ¿Cómo utilizar el programa?, ¿Aspectos o cuestiones para considerar?, ¿Acciones para intentar?, Ampliando el modelo, Características de NetLogo, Modelos relacionados, y Referencias.

SECRETARIA TÉCNICA  
VII CIDUI  
ISBN 978-84-695-4073-2



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

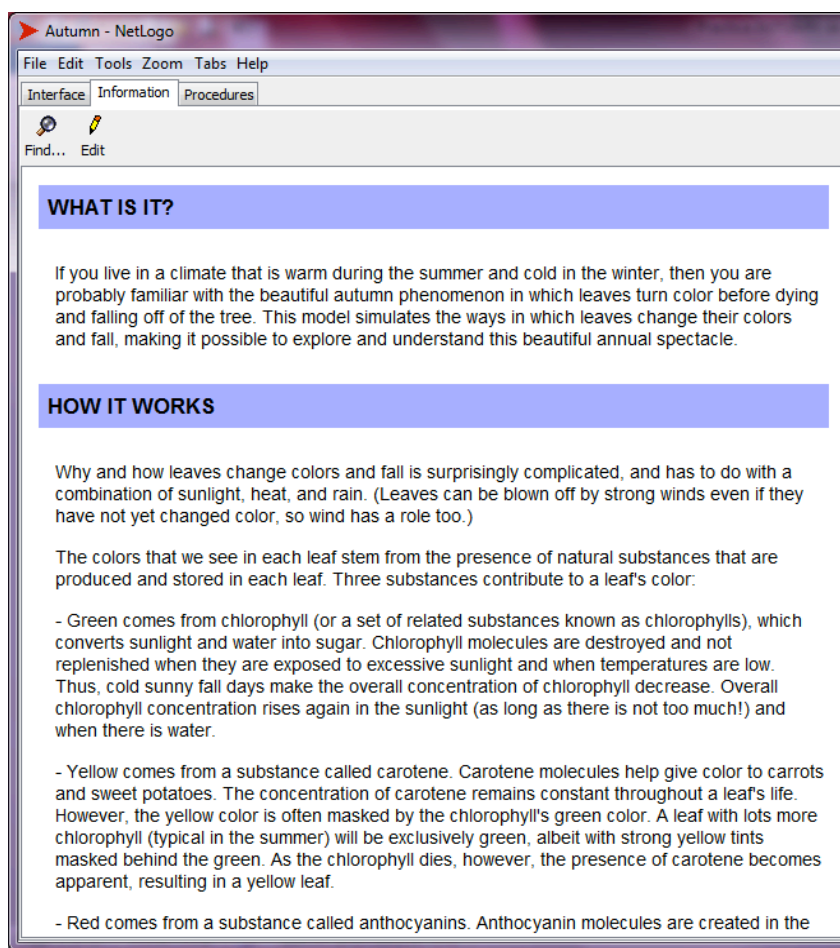


Figura 3: Ventana “Information” de NetLogo

La ventana “Procedures” (Fig. 4) es donde se encuentra el código de computación, la implementación del modelo, el programa o simulador, el un conjunto de procedimientos que se ejecutan durante la simulación.

SECRETARIA TÉCNICA  
VII CIDUI  
ISBN 978-84-695-4073-2



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

```
Autumn - NetLogo
File Edit Tools Zoom Tabs Help
Interface Information Procedures
Find... Check Procedures Indent automatically

breed [leaves leaf]
breed [dead-leaves dead-leaf]
breed [raindrops raindrop]
breed [suns sun]

leaves-own [
  water-level      ;; amount of water in the leaf
  sugar-level      ;; amount of sugar in the leaf
  attachedness     ;; how attached the leaf is to the tree
  chlorophyll      ;; level of chemical making the leaf green
  carotene         ;; level of chemical making the leaf yellow
  anthocyanin      ;; level of chemical making the leaf red
]

raindrops-own [
  location          ;; either "falling", "in root", "in trunk", or "in leaves"
  amount-of-water
]

globals [
  bottom-line      ;; controls where the ground is
  evaporation-temp ;; temperature at which water evaporates
]

;; -----
;; setup
;; -----

to setup
  clear-all
  set bottom-line min-pycor + 1
  set evaporation-temp 30
  set-default-shape raindrops "circle"
  set-default-shape suns "circle"

  ;; Create sky and grass
  ask patches
  [ set pcolor blue - 2 ]
  ask patches with [pycor < min-pycor + 2]
  [ set pcolor green ]

  ;; Create leaves
  create-leaves number-of-leaves [
    set chlorophyll 50 + random 50
    set water-level 75 + random 25
    ;; the sugar level is drawn from a normal distribution based on user inputs
  ]
end
```

Figura 4: Ventana “Procedure” del modelo “Autumn” de NetLogo

El modelo “Autumn” simula la forma en que las hojas cambian de color y caen durante el otoño, lo que permite explorar y entender este espectáculo anual de belleza. El por qué y

SECRETARIA TÉCNICA  
VII CIDUI  
ISBN 978-84-695-4073-2



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

el cómo las hojas cambian de color y caen es sorprendentemente complicado, y tiene que ver con una combinación de la luz del sol, el calor y la lluvia. Así mismo, las hojas pueden ser arrancadas por los fuertes vientos, aunque aún no hayan cambiado de color, por lo que el viento tiene un papel importante.

Los colores que vemos en cada hoja se deben a la presencia de sustancias naturales que se producen y almacenan en ellas. Tres sustancias principalmente contribuyen al color de una hoja. El verde proviene de la clorofila, que convierte la luz del sol y el agua en azúcar. Las moléculas de clorofila se destruyen y no se reponen cuando se exponen a una luz solar excesiva y cuando las temperaturas son bajas. La concentración de clorofila en general se incrementa con la luz del sol y cuando hay agua. El amarillo proviene de una sustancia llamada caroteno cuya concentración se mantiene constante a lo largo de la vida de una hoja. Sin embargo, el color amarillo es a menudo enmascarado por el color verde de la clorofila. Si la clorofila muere, la presencia de caroteno se hace evidente. El rojo proviene de una sustancia llamada antocianina. Las moléculas de antocianina se crean con la presencia de altas concentraciones de azúcares y la concentración de agua en la hoja. La concentración de azúcar aumenta cuando el frío hace que el árbol cierre su circulación de agua para el resto del árbol, cualquiera que sea la cantidad de agua y azúcar que se encuentre atrapada en las hojas se convierte en antocianina.

En cada paso de tiempo o de programa de simulación se consideran dos tipos de acciones o controles:

SECRETARIA TÉCNICA  
VII CIDUI  
ISBN 978-84-695-4073-2



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

- 1) Las condiciones meteorológicas (lluvia, viento, sol) que afectan a las hojas, añadiendo o eliminando azúcar, agua o clorofila.
- 2) La reacción de la hoja ante su entorno, con la adición de las antocianinas si corresponde, y modificando su color para reflejar las condiciones del entorno.

El agua no entra directamente en cada hoja, sino que es absorbida por las raíces del árbol una vez llega al suelo, de las cuales se eleva por el tronco a las ramas y hojas.

Las hojas en el modelo tienen un atributo, la sujeción o "attachedness", que el modelo utiliza para indicar la intensidad con la que la hoja se aferra al árbol. La sujeción aumenta con el agua y disminuye con el viento y la lluvia.

En el marco de un Trabajo Final del Master en “Formació del Professorat d’Educació Secundària Obligatoria i Batxillerat, Formació Professional i Ensenyament d’Idiomes” de la Universitat Politècnica de Catalunya (Catalina, 2011), se preparó un dossier para profesor y un dossier para alumno para trabajar con el modelo “Autumn” dirigidos principalmente al segundo ciclo de la Educación Obligatoria Secundaria. A partir de ese trabajo, se pensó en la posibilidad de utilizar “Autumn” en otras etapas educativas, incluida la de la universidad. Obviamente, el trabajo inicial que se realizó sirvió para conocer el modelo-simulador y sus posibilidades para diseñar una actividad que introdujera los ABMs, los distintos conceptos relacionados con el comportamiento de las hojas en otoño. Es importante destacar que es posible imaginar distintas opciones de uso de este simulador, adaptándolas a distintos niveles de educación y aprendizaje. El diseño de distintos tipos de actividades dirigidas a diferentes grupos de estudiantes permite

SECRETARIA TÉCNICA

VII CIDUI

ISBN 978-84-695-4073-2



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

trabajar con el desarrollo de diversas competencias, tanto comunicativas, metodológicas como personales, relacionadas con la modelización y simulación.

### Material docente y actividades a realizar

Se elaboró un material docente con:

- una introducción general a los modelos y a los distintos tipos que se pueden utilizar en un proceso de modelización,
- una introducción sobre la modelización discreta y, en particular, sobre los ABMs y sus características,
- una presentación de la plataforma NetLogo,
- algunos ejemplos de ABMs aplicados al ámbito de la biología que la plataforma NetLogo ofrece,
- la descripción general del modelo “Autumn” de NetLogo,
- un conjunto de ejercicios diversos para llevar a cabo con el simulador “Autumn” de NetLogo, así como preguntas diversas acerca de este modelo computacional, sus características y limitaciones.

La actividad se desarrolló en dos sesiones de dos horas cada una en aula informática en el marco de la asignatura Fundamentos de Matemáticas 2, una asignatura común a los cuatro grados de Ingeniería de Biosistemas de la Escuela Superior de Agricultura de Barcelona de la Universitat Politècnica de Catalunya. Este centro imparte actualmente cuatro grados en este ámbito de la Ingeniería de Biosistemas: Ingeniería Agrícola, Ingeniería Agroambiental y del Paisaje, Ingeniería Alimentaria e Ingeniería de los

SECRETARIA TÉCNICA

VII CIDUI

ISBN 978-84-695-4073-2



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

Sistemas Biológicos (<http://www.esab.upc.edu/estudis/graus-biosistemes>), y fue con un conjunto de 25 estudiantes de estos grados que se llevó a cabo esta experiencia docente. Eran estudiantes que habían tenido ciertas dificultades con las asignaturas de Matemáticas de primer año, pero que ya habían cursado, o estaban cursando, otras asignaturas como Física, Química, Biología vegetal y Ciencias de la tierra, hecho que les proporcionaba aquellos conocimientos implicados y tenidos en consideración en este modelo computacional.

Cada estudiante disponía de un ordenador con acceso a la plataforma NetLogo y al material docente expresamente diseñado para esta actividad que se encontraba ubicado en Atenea, el campus virtual de la Universitat Politècnica de Catalunya. La actividad se desarrolló de forma individual y autónoma, a pesar de que el estudiante podía intercambiar comentarios, consultas, y sugerencias con el profesor que se encontraba en el aula si lo consideraba necesario. Se hizo especial hincapié en que era un trabajo que debían realizar de forma independiente con el soporte del ordenador, usando de forma interactiva este modelo computacional o simulador, y el material elaborado.

En un informe escrito los estudiantes debían responder diversas preguntas en relación a las distintas simulaciones que realizaban con distintos tipos de árboles y diversas condiciones meteorológicas o climatológicas, como por ejemplo:

- ¿Cuánto tiempo tardan todas las hojas en caer?
- ¿En qué momento hay el mismo número de hojas en el árbol que hojas muertas?

SECRETARIA TÉCNICA  
VII CIDUI  
ISBN 978-84-695-4073-2



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

- ¿Identificas cambios importantes en la concentración de clorofila?
- ¿Cuándo esta concentración es mínima?
- ¿Cómo evolucionan las concentraciones de clorofila, caroteno y antocianina?
- ¿Por qué crees que las concentraciones de los componentes que dan el color a las hojas han evolucionado así?
- ¿Cómo afectan los diferentes parámetros del modelo a la sujeción de las hojas?
- ¿Cómo influye el tipo de árbol en la caída de las hojas?
- ¿Cómo influye el clima en la caída de las hojas?
- ¿Qué relaciones se establecen entre los diferentes pares de variables o factores?,
- ¿Con qué valores para los parámetros del modelo se puede conseguir que todas, o la mayoría de las hojas, se vuelvan de color rojo antes de caer?
- ¿Con qué valores para los parámetros del modelo se puede conseguir que todas, o la mayoría de las hojas, se vuelvan de color naranja antes de caer?,
- ¿Con qué valores para los parámetros del modelo se puede conseguir que todas, o la mayoría de las hojas, se vuelvan de color amarillo antes de caer?,
- ¿Con que valores para los parámetros del modelo se puede conseguir que las hojas del árbol sean de diferentes colores?,

SECRETARIA TÉCNICA

VII CIDUI

ISBN 978-84-695-4073-2





## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

-¿Cómo se puede conseguir que las hojas del árbol pasen a tener color amarillo y después vuelvan a tener el color verde?

-¿Se pueden ajustar las condiciones climáticas para que el árbol no pierda todas sus hojas, y se pueda mantener con hojas?

### 7.3 Resultados y discusión

Los alumnos tuvieron ocasión de identificar y clasificar, a partir de sus características, a los ABMs como modelos discretos, modelos heurísticos, modelos cuantitativos y modelos estocásticos, ampliando considerablemente la visión, imagen o percepción que tenían hasta entonces de lo que era un modelo.

El modelo “Autumn” fue presentado y analizado, en un primer momento, realizando simulaciones para distintos tipos de árboles en función de la cantidad de azúcar que pueden almacenar sus hojas. El contenido inicial de azúcar de las hojas de los árboles es una variable aleatoria normal que se puede establecer o fijar en el inicio de una simulación en la ventana “Interface”, modificando la esperanza (“start-sugar-mean”) y la desviación estándar (“start-sugar-stddev”) de la distribución de probabilidad. También el número de hojas iniciales de los árboles puede ser escogido en cada simulación (“number-of-leaves”).

A partir de las características de los distintos climas fríos (polar, alta montaña, continental), templados (chino, mediterráneo, oceánico) o cálidos (desértico, tropical seco o húmedo, ecuatorial) los estudiantes fijaron los valores para los parámetros de entrada de

SECRETARIA TÉCNICA

VII CIDUI

ISBN 978-84-695-4073-2



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

la simulación a través de la ventana “Interface”: temperatura (“temperature”), intensidad de lluvia (“rain-intensity”), viento (“wind-factor”) e intensidad solar (“sun-intensity”). Este tipo de actividad les hizo reflexionar sobre las unidades de estos factores y las unidades que la simulación utiliza, y discurrir, cuando era necesario, cómo se podría establecer la correspondiente correspondencia entre unidades de simulación y unidades reales para aproximar los resultados simulados al conocimiento empírico que se tiene del sistema real. Los estudiantes observaron el conjunto de resultados que el simulador proporcionó en las ejecuciones, con distintos tipos de árboles inmersos en diferentes climas.

En las salidas del simulador aparecen gráficos de las evoluciones temporales del número de hojas del árbol y hojas muertas (caídas), de las diferentes condiciones meteorológicas (temperatura, lluvia, viento, sol) que pueden ser modificadas durante la ejecución de una simulación, y de los valores medios de los diferentes componentes o características de las hojas del árbol. Si durante la ejecución se ralentiza la simulación mediante el ajuste de la barra de control de la velocidad, se pueden modificar los valores de los parámetros del modelo implicados en las condiciones meteorológicas a medida que el sistema evoluciona y se observa como éste cambia y se adapta al nuevo escenario o configuración. El color de las hojas es un reflejo de las respuestas del árbol a estos factores externos (Fig. 6).

SECRETARIA TÉCNICA  
VII CIDUI  
ISBN 978-84-695-4073-2



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

Este tipo de actividad resultó ser muy provechosa para la comprensión global del funcionamiento del simulador, para poder identificar los efectos aditivos o no de distintos factores y las interacciones entre ellos.

SECRETARIA TÉCNICA

VII CIDUI

ISBN 978-84-695-4073-2



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

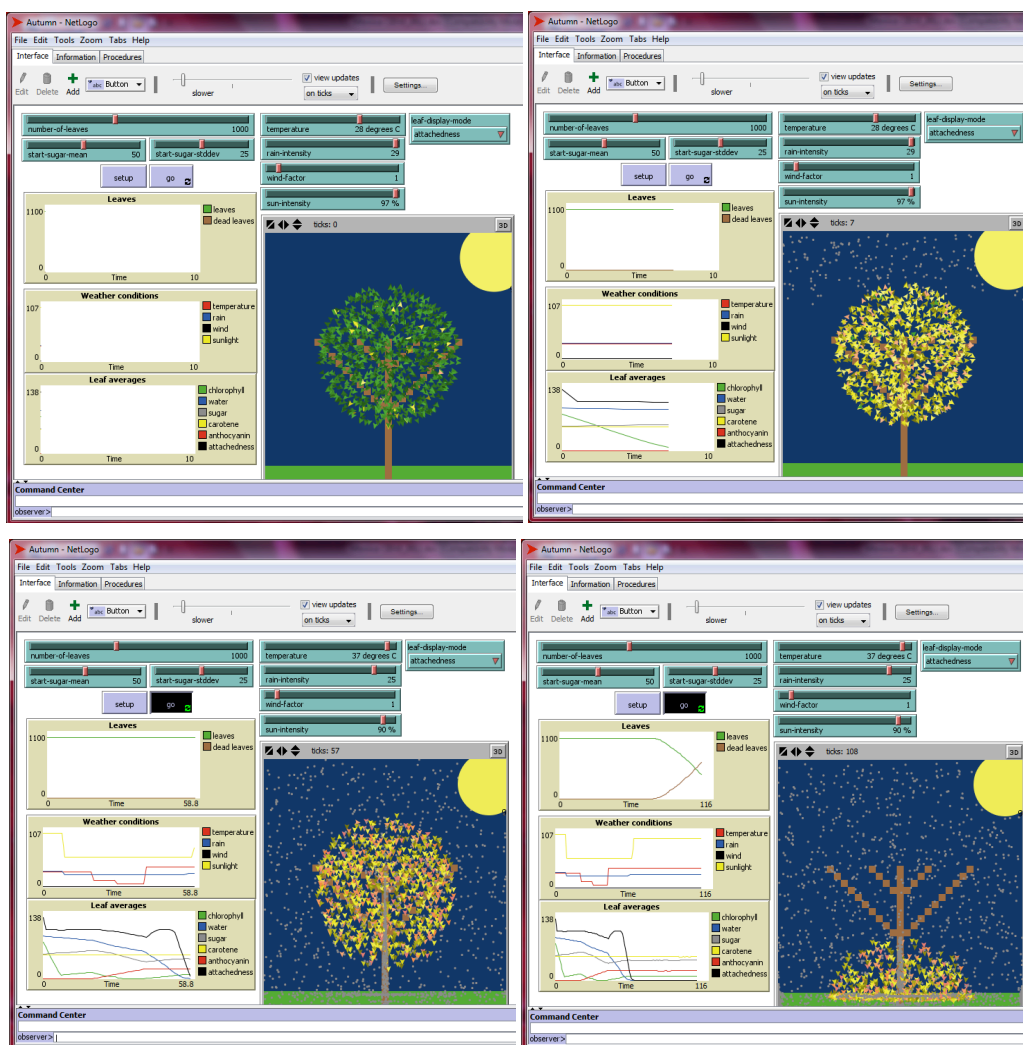


Figura 6. Capturas de pantalla durante la ejecución de una simulación del modelo “Autumn” de NetLogo.

SECRETARIA TÈCNICA  
VII CIDUI  
ISBN 978-84-695-4073-2



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

Los estudiantes ejecutaron distintos conjuntos de simulaciones, manteniendo fijos todos los valores de los parámetros, a excepción de uno, haciendo variar de forma sistemática su valor desde el valor mínimo al valor máximo que éste podía tomar (la discretización de su rango de valores) con el fin de identificar su efecto sobre las distintas salidas controladas por el modelo. El trabajar con esta discretización de valores para uno de los parámetros hizo que los estudiantes prestaran atención sobre el significado de una simulación y sobre la manera de obtener información en relación a la sensibilidad de las variables involucradas en este modelo computacional. Hay que recordar que la manera de trabajar con un modelo computacional dista de la de un modelo continuo que permita obtener soluciones analíticas o algebraicas, mucho más habitual y presente en su actividad académica. En una extensión de esta actividad se podría trabajar de forma más detallada profunda en lo que se conoce como el análisis de sensibilidad del modelo, combinando distintas técnicas estadísticas para el análisis de los datos resultantes.

El hecho de que se les solicitara a los estudiantes que valoraran el diseño del modelo implementado en este simulador, y reflexionaran si habían detectado algún funcionamiento o respuesta deficiente de éste bajo determinados escenarios de simulación o situaciones, permitió que meditaran y recapacitaran sobre lo que habían estado trabajando, relacionando conceptos, ideas y conocimientos de distintas asignaturas o ámbitos temáticos que encontraban en ese momento aglutinados en un modelo computacional.

SECRETARIA TÉCNICA  
VII CIDUI  
ISBN 978-84-695-4073-2



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

Se constató que con valores extremos (mínimos o máximos) para algunos factores, las simulaciones que se obtenían resultaban algo sospechosas o alejadas de lo que se podría considerar como razonable. Como respuesta a la pregunta de si creían que se podría mejorar algún aspecto o parte de este simulador, sugiriendo si era posible alguna idea interesante para incorporar, hay que hacer notar que sorprendió la diversidad y acierto de sus contestaciones:

- Introducir algún factor nuevo que pudiera reflejar la distinta sensibilidad de las diversas especies de árboles para soportar condiciones climáticas adversas.
- Modificar el rango de algunas variables climáticas y su control en los factores que se encuentran programados para poder hacer más evidente, localizado y preciso su efecto sobre el aspecto de las hojas.
- Mejorar las escalas de los gráficos para poder hacer una lectura más precisa de resultados.
- Incorporar unidades a los factores lluvia, viento y sol contrastables con las que se utilizan en meteorología, de la misma forma que ya se ha implementado en el caso de la temperatura.
- Sofisticar el tratamiento que se hace de los factores climatológicos considerando que podrían ser función del tiempo, como por ejemplo, la hora del día, del mes del año, o de la estación anual (invierno, primavera, verano y otoño).

SECRETARIA TÉCNICA

VII CIDUI

ISBN 978-84-695-4073-2



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

- Añadir otros factores además del azúcar y el agua que también intervienen en el estado de las hojas, como nutrientes o determinadas sustancias en el suelo que podrían ser aprovechadas por el árbol.

Para finalizar, indicar que algunos estudiantes tuvieron curiosidad e interés en ver y entender el código de programación que se encuentra en la ventana “Procedure” del modelo “Autumn” (Fig. 4), para poder descubrir los detalles de cómo trabajaban cada una de sus partes del programa. Aunque la programación no era uno de los objetivos de esta actividad, se aprovechó este interés para discutir la importancia de la programación en una formación académica completa en el ámbito de la Ingeniería de Biosistemas.

En resumen, a partir de las simulaciones ejecutadas desde la plataforma NetLogo con el modelo “Autumn”, los estudiantes pudieron constatar la facilidad de interaccionar con este entorno de simulación y con un ABM. Todo ello ha permitido conjugar y trabajar distintas competencias, tanto del área de las matemáticas relativas al uso de diferentes tipos de relaciones entre variables, gráficas de funciones, máximos y mínimos, variables aleatorias o distribuciones de probabilidad, como del área de las ciencias naturales (biología, botánica, climatología, geografía o química). Esta actividad ha podido integrar distintos aprendizajes impulsando la transversalidad de los conocimientos usados, pudiéndolos utilizar de manera efectiva en los distintos contextos o escenarios generados. Con estas actividades propuestas y desarrolladas en el aula se han practicado distintos tipos de competencias: i) competencias metodológicas como la competencia del tratamiento de la información y la competencia digital, la competencia matemática o el

SECRETARIA TÉCNICA  
VII CIDUI  
ISBN 978-84-695-4073-2



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

aprender a aprender, ii) competencias en comunicación lingüística y audiovisual, iii) competencias personales como la autonomía e iniciativa personal, y iv) competencias en el conocimiento e interacción con el mundo físico.

Este tipo de modelo computacional facilita la experimentación "virtual" de los sistemas simulados. La ejecución reiterada y automática de los códigos de programación o simuladores ofrece muchas posibilidades para la replicación controlada de evoluciones temporales de los sistemas estudiados, hecho que es muy atractivo para la enseñanza de las ciencias en general y para nuestros estudiantes en particular. Como si de un conjunto de “experimentos” se tratara, los resultados de simulación que se obtienen permiten el análisis y discusión de variables involucradas en los diferentes escenarios ensayados facilitando la argumentación y exploración del sistema.

La opinión de los estudiantes en relación a los ABMs y sus posibilidades para modelizar sistemas vivos, así como sobre la plataforma NetLogo, resultó ser muy positiva. Los estudiantes se mostraron en todo momento interesados por las tareas que se propusieron en esta actividad sobre el modelo “Autumn”, ejecutándolas con entusiasmo, a la vez que sorprendidos por este novedoso tipo de modelo. Explícitamente, estos estudiantes pusieron de manifiesto lo atractivo que consideraban este simulador, ya que permitía una aproximación al sistema biológico diferente de la que conocían hasta entonces. Para estos estudiantes, el modelo computacional tratado resultó ser muy diferente a los otros tipos de modelos más frecuentemente utilizados en su trayectoria académica, como los ajustes de curvas a datos experimentales, las ecuaciones diferenciales o los modelos estadísticos.

SECRETARIA TÉCNICA

VII CIDUI

ISBN 978-84-695-4073-2





## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

Esta actividad permitió ampliar de forma muy significativa el conocimiento de los estudiantes sobre la modelización y simulación de sistemas vivos.

### 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Catalina Martínez de Luna, M. (2011). Introducció a models basats en agents amb aplicacions pràctiques per a l'educació secundària Treball Final del Màster en Formació del Professorat d'Educació Secundària Obligatoria i Batxillerat, Formació Professional i Ensenyament d'Idiomes. Universitat Politècnica de Catalunya.

Ginovart, M., X. Portell, P. Ferrer-Closas, M. Blanco (2011). Modelos basados en el individuo y la plataforma NetLogo. Unión - Revista Iberoamericana de Educación Matemática 27, 131-150.

Ginovart, M., X. Portell, P. Ferrer-Closas, M. Blanco (2012). Modelización basada en el individuo: una metodología atractiva para el estudio de biosistemas. Enseñanza de las ciencias (en prensa).

Ginovart M. (2012). Una propuesta docente para introducir los modelos basados en el individuo: diseño e implementación en el aula. Actas de las 15 Jornadas sobre el Aprendizaje y Enseñanza de las Matemáticas - 15 JAEM (en prensa).

Grimm, V., Railsback, S.F. (2005). Individual-based modelling and ecology. Princeton and Oxford: Princeton University Press.

SECRETARIA TÈCNICA  
VII CIDUI  
ISBN 978-84-695-4073-2



## LA UNIVERSIDAD: UNA INSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD

---

Wilensky U. (1999). NetLogo. Center for Connected Learning and Computer-Based Modelling, Northwestern University. Evanston, IL. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>.

Wilensky, U. NetLogo Autumn Model. (2005).

<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/autumn>; Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling; Northwestern University, Evanston IL.

SECRETARIA TÉCNICA

VII CIDUI

ISBN 978-84-695-4073-2